

Comunicación Compartida Distribuida en Sistemas Multi-Agente[†]

Sonia V. Rueda
svr@cs.uns.edu.ar

Alejandro J. García
ajg@cs.uns.edu.ar

Guillermo R. Simari
grs@cs.uns.edu.ar

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
BAHIA BLANCA – ARGENTINA
Tel. 0291 4595135 Fax. 0291 4595136

La negociación es el mecanismo básico de interacción, mediante el cual los agentes de un sistema interactúan intentando influir en los planes y preferencia de los demás miembros del grupo, hasta alcanzar un acuerdo compartido. En nuestro trabajo cada diálogo involucra siempre a dos agentes y cuando la negociación termina en forma exitosa, el conocimiento compartido se modifica para incorporar nuevas creencias.

Si el conocimiento es compartido por todos los miembros del grupo, cada agente tendrá que aceptar la incorporación de nuevas creencias, manteniendo la consistencia con su conocimiento individual. Todo el proceso de negociación puede fracasar, si alguno de los agentes que no intervino en el diálogo, tiene una percepción del mundo diferente a la que corresponde al acuerdo alcanzado. La propuesta es entonces que el conocimiento compartido se distribuya entre pares de agentes, de modo tal que sea posible mantener la consistencia en el conocimiento individual de cada agente, sin exigir que todos los miembros del grupo tengan que llegar a un acuerdo en cada negociación.

Introducción

El proceso de planificación de un agente social es diferente al de un agente aislado porque no actúa siguiendo exclusivamente sus metas, su conocimiento y sus habilidades sino que también debe considerar las metas, el conocimiento y las habilidades de la comunidad en la que participa. Si la actitud de cada uno de ellos es cooperativa, las solicitudes de colaboración pueden resolverse mediante un proceso de negociación.

Durante la negociación, los agentes interactúan intentando influir en los planes y preferencias buscando alcanzar un acuerdo compartido. El conocimiento de cada miembro del grupo puede cambiar como consecuencia de la interacción. El conocimiento puede organizarse de diferentes maneras. La forma más débil se conoce como *conocimiento distribuido* y en este caso el conocimiento se distribuye entre todos los miembros del grupo. El *conocimiento mutuo* está formado por todos los hechos que todos los miembros del grupo conocen, sin saber que los demás también los conocen. La alternativa más estricta es el *conocimiento compartido* y está integrado por todos los hechos que son conocidos por todos los miembros de grupo y que además todos los saben conocidos.

Cualquier forma de conocimiento está fuertemente ligada a la capacidad de percepción de los agentes. De modo que diferentes agentes puede percibir, no sólo diferentes aspectos del mundo real, sino también tener enfoques distintos acerca de un mismo aspecto. A partir de esta consideración, es posible que el conocimiento distribuido entre los diferentes miembros del grupo sea inconsistente.

En este trabajo adoptamos el modelo BDI para representar la actitud mental de cada miembro del grupo. Las creencias conforman su conocimiento acerca del entorno que lo rodea, sus deseos e intenciones se refieren al estado que desea alcanzar y representan sus motivaciones y compromisos. El conocimiento individual de cada agente está integrado por su conocimiento específico y el conocimiento compartido con otros miembros del grupo. Cada agente razona a partir de hechos que conoce. El conocimiento individual brinda una visión parcial pero consistente acerca del mundo.

[†] Esta investigación ha sido parcialmente soportada con fondos de la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2002 Nro. 13096).

Si el sistema está integrado por dos agentes, cuando la negociación termina en forma exitosa, el conocimiento compartido se modifica para incorporar nuevas creencias y el estado mental de ambos agentes cambia como consecuencia de la interacción. Si el grupo es numeroso, el acuerdo entre dos de los miembros del grupo no asegura que la modificación del conocimiento compartido pueda realizarse manteniendo la consistencia en el conocimiento individual de cada miembro. Es más, todo el proceso de negociación entre dos agentes podría fracasar, aún cuando hubieran llegado a un acuerdo, si al terminar el diálogo tienen que solicitar la aprobación del resto del grupo.

Nuestra propuesta es mantener el *conocimiento compartido distribuido* entre pares de agentes, de modo que la negociación no demande el acuerdo de todos los integrantes del sistema. Asimismo, las solicitudes de colaboración provocarán siempre la interacción entre dos miembros del grupo y cada diálogo se circunscribirá a ellos.

El modelo de interacción

En un sistema multiagentes el grupo puede ser homogéneo o heterogéneo. En el primer caso todos los miembros tienen capacidades idénticas. En un grupo heterogéneo los agentes pueden tener diferentes creencias, deseos, intenciones y habilidades. En nuestro modelo el grupo es heterogéneo y las metas de cada uno de sus miembros están ligadas a sus habilidades, aunque ocasionalmente estas no resultan suficientes y están forzados a solicitar colaboración.

A pesar de sus diferencias, todos los integrantes de la organización son entidades autónomas, racionales y sociables. La autonomía permite que cada agente actúe guiado por sus intenciones, sin un control global. Un agente exhibe un comportamiento racional si es capaz de seleccionar aquellas acciones que le permitan alcanzar sus metas específicas. El mecanismo básico que permite coordinar acciones para alcanzar metas es la planificación.

Cada agente tiene un conocimiento parcial del problema, limitado por sus propias creencias y capacidades. Cuando su conocimiento resulta insuficiente, solicita la colaboración de otro miembro del grupo. Cuanto mayor sea el nivel de especialización de un agente respecto a sus metas, menos frecuentes serán sus requerimientos de colaboración.

Los agentes tienen cierta capacidad social, tienen conciencia de la existencia de otros individuos en el sistema, pueden interactuar con ellos e intentan siempre que sea posible colaborar. Su autonomía se ve de alguna manera restringida por su *responsabilidad social*. Sin embargo, el compromiso con sus propias metas, es mayor que el que adopta respecto a las metas ajenas.

La interacción genera un proceso de negociación que consiste en una secuencia de mensajes intercambiados entre agentes que intentan hacer converger sus intereses, inicialmente divergentes. Si el proceso es exitoso la interacción termina cuando se alcanza un acuerdo compartido.

En nuestro modelo la negociación comienza cuando uno de los miembros del grupo realiza un requerimiento general de colaboración. Algunos miembros del grupo estarán abocados a sus propias metas y no estarán en condiciones de colaborar. Otros, en cambio, responderán mostrando su disposición para atender el requerimiento. El agente que realizó este requerimiento realiza entonces una propuesta de colaboración específica a alguno de los agentes dispuestos a ayudar. Cuando este último recibe la propuesta de colaboración, intenta construir un plan, sin conflictos con sus propias intenciones, para atender la solicitud. Si su conocimiento es insuficiente, realiza una contrapropuesta al mismo agente que realizó el requerimiento inicial. El diálogo continúa entre ambos hasta que se alcanza un acuerdo o uno de los dos decide que no está en condiciones de colaborar. Este último caso puede darse por falta de conocimiento o por conflictos entre las metas. Durante todo el proceso de negociación ninguno de los dos agentes ejecuta acciones, porque la modificación del conocimiento podría afectar los planes elaborados.

En el mundo real, cuando un agente recibe una propuesta podría solicitar colaboración a cualquier otro miembro del grupo, no sólo a quien hizo el requerimiento. El diálogo podría entonces extenderse para

involucrar a varios miembros del grupo. Análogamente, cuando el agente que realizó la primera propuesta, recibe una contrapropuesta y no es capaz de atenderla, podría solicitar colaboración de un tercero. En cualquiera de estos casos, uno o más miembros del grupo podrían tener que suspender sus actividades, esperando que el diálogo termine, para decidir si efectivamente va a ejecutar un plan para colaborar o no.

En nuestro modelo, la conversación se restringe a dos agentes. Un agente solicita colaboración a otro y sólo si el diálogo termina infructuosamente, entabla un nuevo diálogo con otro agente, siempre considerando a aquellos que mostraron disposición para colaborar. En principio los agentes no tienen conocimiento acerca de las habilidades de los demás miembros del grupo, de modo que no hay una estrategia particular para seleccionar cuál es el más capacitado para atender una solicitud.

Es posible que un agente solicite colaboración a todos los miembros del grupo disponibles, sin alcanzar un acuerdo con ninguno de ellos. Algunos no tendrán conocimiento suficiente, otros responderán que existe un conflicto con sus propios planes o intenciones. En este segundo caso, el agente que realizó su solicitud puede revisar sus planes, pero si no encuentra uno alternativo para alcanzar sus metas, puede *insistir* en su solicitud, con alguno de los agentes con los que había conflicto, quien intentará revisar sus propios planes intentando colaborar con la solicitud y persistir en sus intenciones. El diálogo de alguna manera se reinicia y nuevamente puede terminar con un acuerdo o no.

Si no hay acuerdo, el agente puede insistir a otro miembro del grupo, quien también intentará revisar sus planes. Nuevamente, el agente puede llegar a insistirle a todos los miembros del grupo con los que había conflicto, sin alcanzar un acuerdo con ninguno de ellos. En este caso, revisará sus propias intenciones, intentando comprometerse con otro de sus deseos. Si no es posible, reinicia el diálogo, esta vez *demandando* a otro miembro del grupo que revise sus propias intenciones de modo tal que pueda colaborar.

Así, el tipo de acto comunicativo influye en la efectividad de un mensaje. El uso de ciertas palabras como *insisto* o *demandando* infunden vehemencia al diálogo. Sin embargo, la aceptación no sólo va a depender del tipo de acto comunicativo, sino también de la actitud mental del receptor frente a lo solicitado.

Lenguaje de Interacción

El razonamiento de un agente social es sustancialmente más complejo que el de un agente aislado. Cada agente va a actuar motivado por sus metas y condicionado por sus propias creencias y por las de otros miembros del grupo. En este sentido el rol del lenguaje de interacción entre agentes BDI es fundamental porque permite expresar actitudes mentales. La función esencial del lenguaje retiene muchos de los aspectos que permiten la comunicación humana.

Durante la negociación los agentes establecen un diálogo en el cual intercambian propuestas y contrapropuestas que constituyen *actos comunicativos*. En nuestra propuesta, el lenguaje de interacción brinda las siguientes primitivas:

- *Ask_for_help(A)* el agente A solicita colaboración, sin especificar qué necesita.
- *Offer_to_help(A, B)* el agente A ha recibido una solicitud de colaboración de B y le contesta que está disponible para ayudar.
- *Request_Add(A, B, p)* el agente A realiza un requerimiento al agente B respecto a agregar p al conocimiento compartido entre ambos
- *Authorize(A, B, p)* el agente A autoriza el requerimiento del agente B respecto a agregar p al conocimiento compartido entre ambos.
- *No_Authorize(A, B, p)* el agente A autoriza el requerimiento del agente B respecto a agregar p al conocimiento compartido entre ambos.

- **Require(A, B, p)** El agente A necesita p y realiza un requerimiento a B, que ha mostrado disponibilidad para colaborar.
- **Insist(A, B, p)** El agente A necesita p y le solicita a B que revise sus planes para evitar el conflicto. B ya había mostrado disponibilidad para colaborar y tenía el conocimiento y habilidad para hacerlo, pero había conflicto con sus planes.
- **Demand(A, B, p)** El agente A necesita p y le solicita a B que revise sus intenciones para evitar el conflicto. B ya había mostrado disponibilidad para colaborar y tenía el conocimiento y habilidad para hacerlo, pero había conflicto con sus intenciones.
- **Accept(A, B, p)** El agente A le informa a B que ha encontrado un modo para atender su requerimiento, esto es, conoce p o puede construir un plan para él.
- **Reject(A, B, p)** El agente A le informa a B que no ha encontrado un modo para atender su requerimiento, sin conflicto con sus propios planes o intenciones.
- **Unable(A, B, p)** El agente A le informa a B que no ha encontrado un modo para atender su requerimiento, esto es, no conoce p ni tiene habilidad para construir un plan para él.

Trabajo Futuro

En el modelo propuesto los miembros del sistema interactúan solicitando colaboración cuando sus creencias y capacidades resultan insuficientes para alcanzar sus metas. Cuando un agente recibe una solicitud de colaboración de otro miembro del grupo, puede producirse un conflicto entre este requerimiento y sus propias intenciones.

La negociación parte de la necesidad de coordinar intereses enfrentados, en un contexto en el que ninguno de los participantes controla a los demás, pero sí puede influir en su comportamiento. En el modelo propuesto es posible que un agente deba entablar diálogo con varios miembros del grupo, hasta encontrar uno que pueda colaborar. La negociación podría agilizarse si cada integrante del grupo conociera la especialidad de los demás, porque podría solicitar ayuda a quien realmente puede colaborar con su requerimiento. Una alternativa es que en el grupo exista un coordinador que conozca las habilidades de los miembros del sistema. La siguiente etapa en nuestro trabajo es investigar acerca de una representación adecuada para este conocimiento.

Referencias

- S. Rueda, G.R.Simari, A.J.García. *Argument-based Negotiation among BDI Agents*, Journal of Computer Science & Technology. Vol. 2, No. 7, pp. 1-8. October 2002.
- G.R.Simari, A.J.García. *Actions and Arguments: Preliminaries and Examples*, en Proceedings of the VIII Congreso Argentino en Ciencias de la Computación, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2002.
- A.J.García, G.R.Simari. *Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach*. Theory and Practice of Logic Programming, 2002. Accepted for publication 2002.
- N.R.Jennings, S.Parsons, P.Noriega, C.Sierra. *On Argumentation-Based Negotiation*, Proceedings of the International Workshop on Multi-Agent Systems, Boston, USA. 1998.
- Y.Labrou. *Semantics for an Agent Communication Language*. Ph.D. Thesis, University of Maryland, 1996.
- J.Searle. *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge University Press, 1969.
- A.S.Rao, M.P.Georgeff. *BDI Agents: From Theory to Practice*, in Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95), San Francisco, USA, pp. 312-319, 1995.